

УДК 674.815

Н. А. Сычева, аспирант, младший научный сотрудник (БГТУ);**И. А. Хмызов**, кандидат технических наук, доцент (БГТУ);**Т. В. Соловьева**, доктор технических наук, профессор (БГТУ)**ВЛИЯНИЕ КОМПОЗИЦИОННОГО СОСТАВА ТОПЛИВНЫХ ПЕЛЛЕТ
НА ИХ ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА**

Настоящие исследования направлены на изучение влияния композиционного состава топливных пеллет на их показатели качества. Для получения экспериментальных образцов пеллет нами были использованы основные лесобразующие породы древесины – сосна, ольха и береза. Установлено, что пеллеты, полученные из древесины лиственных пород, уступают в механической прочности пеллетам, полученным из сосны. Технологическим решением данной проблемы явилось установление оптимального композиционного состава топливных пеллет и химическое активирование древесины лиственных пород. Наиболее высокие значения прочности топливных пеллет достигаются с применением крахмала. Результаты лабораторных исследований апробированы в промышленных условиях путем выпуска опытной партии топливных пеллет.

The present researches are aimed at studying the influence of composite pellets on their quality measures. To obtain experimental samples of pellets, we used the main tree species of wood – pine, alder and birch. Found that the pellets produced from hardwood inferior in mechanical strength of the pellets obtained from pine. Technological solution to this problem was to establish the optimal composition of the fuel pellets and chemical activation of hardwoods. The highest strength pellets are achieved with the use of starch. The laboratory results were tested in industrial applications through the issuance of an experimental batch of fuel pellets.

Введение. Человечество с древних времен использовало древесину для получения тепла и энергии. Однако доступность других природных видов топлива, непосредственно добываемых из недр земли (нефть, природный газ), их относительная дешевизна отодвинули на второй план использование древесного сырья как источника энергии. Чрезмерное расходование природных богатств по традиционным технологиям в XX столетии привело к их истощению, а также к загрязнению окружающей среды. Возможная угроза антропогенного изменения климата, негативное воздействие производства и использования энергии на среду обитания и здоровье людей делают необходимым поиск экологически чистых и возобновляемых источников энергии [1]. Выход из возможного энергетического и экономического кризиса развитые страны видят в использовании возобновляемых источников энергии, которые являются практически неистощимыми. Структура топливно-энергетического баланса (ТЭБ) Республики Беларусь представлена в табл. 1 [2].

Как видно из табл. 1, в структуре ТЭБ страны 59% приходится на природный газ. Поэтому перспективным представляется снижение удельного веса природного газа и увеличение доли различных видов биотоплива.

В настоящее время все больше уделяется внимание древесному биотопливу. Это связано с быстрым развитием рынков побочных продуктов деревообрабатывающей промышленности, что стимулирует развитие еще одной отрасли промышленности – переработки древесины в топливные пеллеты. Известно, что производство топливных пеллет из отходов древесины является одним из перспективных направлений в биоэнергетике. Следует отметить, что это обусловлено достаточно низкой себестоимостью топливных пеллет по сравнению с другими современными видами биотоплива и простотой технологии их производства [3].

Целью исследований является изучение влияния композиционного состава топливных пеллет на их физико-механические свойства и теплотворную способность.

Основная часть. Для получения топливных пеллет нами были использованы древесные породы – сосна [*Pinus silvestris* L.], ольха [*Aihus glutinosa* (L) Gaertn] и береза [*Betula verrucosa* Ehrh], которые широко районированы на территории Республики Беларусь. Следует отметить, что в современных условиях при дефиците сырьевых и энергетических ресурсов использование древесины лиственных пород для производства топлива приобретает особую значимость. Сравнительный анализ топливных

Таблица 1
**Структура топливно-энергетического баланса
Республики Беларусь**

Вид энергетического ресурса	Доля, %
Природный газ	59
Светлые нефтепродукты	11,7
Топливо-сырье	10,8
Переток электроэнергии	3,8
Местные виды топлива	12,4
Мазут	2,1

пеллет по основным показателям качества согласно СТБ 2027 [4], полученных из традиционно используемой древесины сосны и исследуемых лиственных пород древесины, представлен в табл. 2.

Таблица 2
Сравнительный анализ показателей качества топливных пеллет

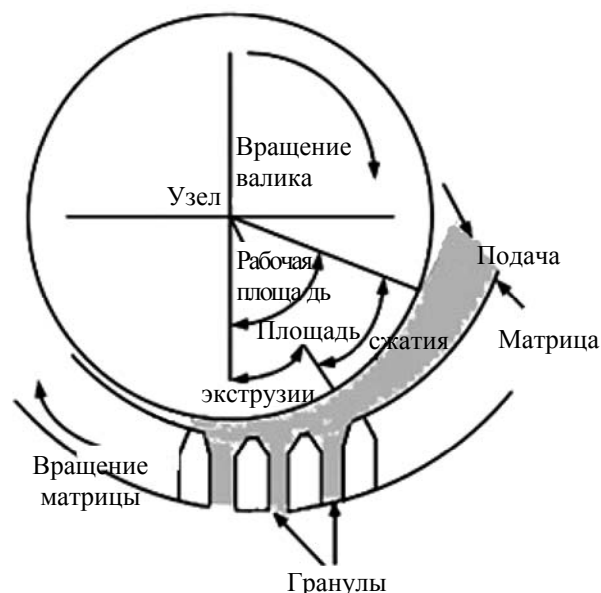
Наименование показателя	Порода древесины		
	Сосна	Ольха	Береза
Влажность, %	8	9	10
Зольность, %	0,27	0,36	0,44
Плотность, кг/м ³	1160	1200	1155
Выделение древесной пыли при истирании пеллет (механическая прочность), %, не более	1,6	0,9	0,8
Предел прочности при сжатии, МПа	4,7	3,18	2,12
Низшая теплота сгорания, кДж/кг	17 540	17 490	17 630

Предварительно проведенные исследования показали (табл. 2), что пеллеты из древесины лиственных пород (ольхи и березы) обладают несколько пониженной механической прочностью по сравнению с достигаемой при использовании древесины сосны. Технологическим решением данной проблемы явилось установление оптимального композиционного состава топливных пеллет и химическое активирование древесины лиственных пород.

С научной точки зрения образование топливных пеллет происходит за счет интенсивного сжатия при повышенной температуре древесной массы, однородной по влажности и размерам древесных частиц. Принцип образования пеллет представлен на рисунке. Благодаря трению сформированные гранулы имеют высокую температуру. После пропускания через цилиндры теплый материал разделяется на отрезки заданной длины (обычно 10–30 мм), т. е. гранулы требуемой формы. Сразу же после этапа прессования гранулы охлаждаются и приобретают необходимую прочность, что делает их пригодными для хранения и транспортировки.

Древесное сырье является сложной реологической системой, содержащей целлюлозу, лигнин, гемицеллюлозы и смолистые вещества [5]. Установлено, что при нагреве происходит деструкция этих компонентов с образованием жидкой пластифицированной фазы, которая растекается по поверхности древесных волокон и обеспечивает их адгезионное взаимодействие, в результате чего древесная масса приобретает требуемую форму. Химическое активирование

древесины лиственных пород проводилось с целью повышения реакционной способности компонентов лигноуглеводной матрицы, которые в результате воздействия температуры и давления пластифицируются и приобретают свойства связующего, обеспечивающего высокое адгезионное взаимодействие древесных частиц друг к другу.



Принцип образования топливных пеллет

В лабораторных условиях кафедры ХПД проведены исследования по использованию в качестве нетоксичных органических добавок альбумина, казеина и крахмала, которые выступают в роли связующего, не только влияющего на реологические параметры композита при прессовании на матрицах, но и повышающего физико-механические параметры топливных пеллет.

Наши исследования показали, что связующие природного происхождения позволяют изменять реологические свойства перерабатываемых древесных частиц – сделать их более пластичными и при этом снизить энергетические затраты процесса гранулирования в целом. Результаты по улучшению механической прочности топливных пеллет, полученных из древесины лиственных пород, приведены в табл. 3.

Как видно из табл. 3, наиболее высокие значения предела прочности при сжатии пеллет достигаются с применением крахмала. Однако их прочность по-прежнему несколько уступает механической прочности топливных пеллет из древесины сосны. Поэтому дальнейшие исследования технологии топливных пеллет были продолжены в направлении установления влияния расходных (содержание активированной лиственной древесины березы и ольхи, расход крахмала) и режимных параметров

(температуры прессования), которые будут обеспечивать стабильно высокое качество топливных пеллет.

Таблица 3
Физико-механические показатели качества топливных пеллет в зависимости от вида органической добавки

Порода древесины	Вид органической добавки	Расход, %	Предел прочности при сжатии, МПа	Зольность, %
Сосна	—	—	4,7	0,32
Ольха	Альбумин	0,1	3,22	0,41
		0,5	3,31	0,45
Береза	Альбумин	0,1	2,92	0,42
		0,5	3,17	0,48
Ольха	Казеин	0,1	3,19	0,37
		0,5	3,26	0,39
Береза	Казеин	0,1	2,91	0,34
		0,5	3,08	0,37
Ольха	Крахмал	0,1	4,37	0,21
		0,5	4,59	0,25
Береза	Крахмал	0,1	4,31	0,23
		0,5	4,55	0,26

Для определения оптимальных параметров процесса получения топливных пеллет использовали математическое планирование эксперимента с реализацией плана Коно [6]. В качестве независимых управляемых переменных были выбраны активные факторы, которые варьировали в диапазоне значений: содержание активированной лиственной древесины березы и ольхи – 20, 30, 40%; расход крахмала – 0,1, 0,3, 0,5%; температура прессования – 100, 110, 120°C. Для полученных образцов топливных пеллет определяли показатели предела прочности при сжатии и теплотворную способность.

Оптимальные расходные и режимные параметры, а также соответствующие этим параметрам показатели качества топливных пеллет были найдены расчетом обобщенного критерия оптимизации – $W = 0,88$. Установили, что оптимальными параметрами процесса получения топливных пеллет являются: температура прессования – 111°C; расход крахмала – 0,47%; доля лиственной древесины – 30%. При данных параметрах достигаются следующие значения показателей качества топливных пеллет: предел прочности при сжатии – 4,6 МПа; теплотворная способность – 17 958 кДж/кг.

Результаты проведенных исследований позволили высказать мнение о целесообразности продолжения исследований в промышленных условиях. Таким образом, на производственной линии филиала ГП «Беларусьторг» были проведены испытания технологии получения топливных пеллет из активированной крахмалом древесины лиственных пород (в соотношении 30% лиственных и 70% хвойных пород) путем выпуска опытной партии.

Заключение. Исследовано влияние композиционного состава топливных пеллет на их основные показатели качества. С помощью математического планирования эксперимента и решения компромиссной задачи оптимизации установлены оптимальные параметры процесса получения топливных пеллет. Результаты лабораторных исследований апробированы в промышленных условиях путем выпуска опытной партии топливных пеллет.

Литература

1. Крук, Н. К. Динамика лесных ресурсов Республики Беларусь / Н. К. Крук // Рациональное использование и воспроизводство лесных ресурсов в системе устойчивого развития: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Гомель, 5–7 сент. 2007 г. / Институт леса НАН Беларуси. – Гомель, 2007. – С. 7–13.
2. Биотопливо из древесного сырья / А. С. Федоренчик [и др.]. – М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2010. – 384 с.
3. Шафранович, О. Востребованные пеллеты / О. Шафранович // Лесное и охотничье хозяйство. – 2009. – № 9. – С. 11–12.
4. Гранулы древесные топливные: СТБ 2027–2010. – Введ. 01.07.10. – Минск: Государственный комитет по стандартизации Республики Беларусь; БелГИСС, 2010. – 20 с.
5. Булатов, И. А. Исследование реологических характеристик древесных опилок при производстве топливных гранул методом прокатки через фильеру / И. А. Булатов, В. И. Назаров // Труды IX Междунар. симп. молодых ученых, аспирантов и студентов «Инженерные и технологические исследования для устойчивого развития» / под ред. Д. А. Баранова [и др.]. – М.: МГУИЭ, 2009. – С. 19–23.
6. Пен, Р. З. Статистические методы моделирования и оптимизации процессов целлюлозно-бумажного производства / Р. З. Пен. – Красноярск: Красноярский гос. ун-т, 1982. – 192 с.

Поступила 05.03.2013